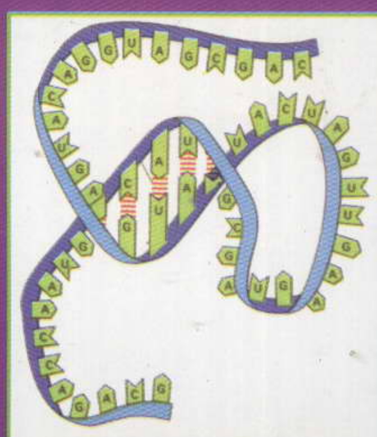
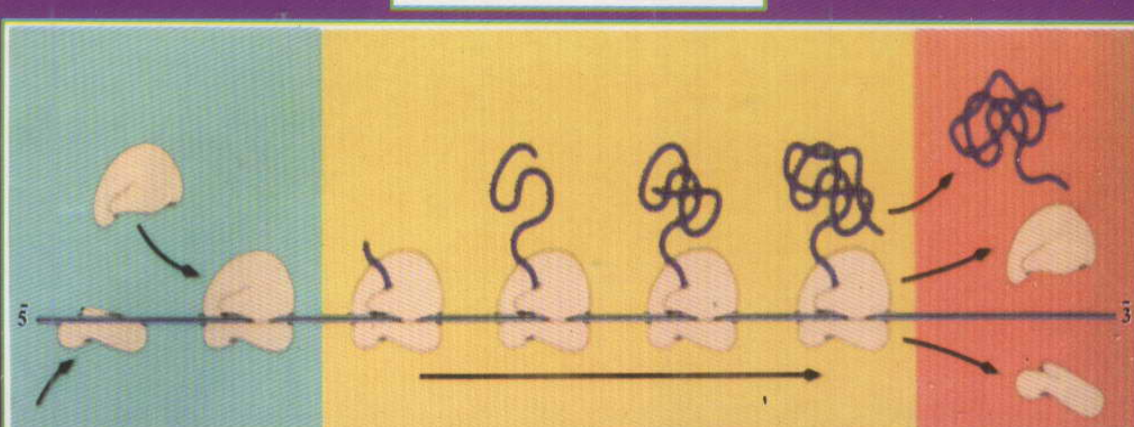
٢٦ ماذا تعلم عن..

الشفرة الوراثية

بقلم

الدكتور منير على الجنزورى





دار المعارف

ماذا تعلم عن..

موسوعة للأطفال تغطى مجالات المعرفة
البشرية المختلفة بأسلوب شائق

٢٦

الشفرة الوراثية

بقلم
الدكتور منير على الجنزورى

الطبعة الثانية

دار المعارف

تصميم الغلاف : **منال بدران**

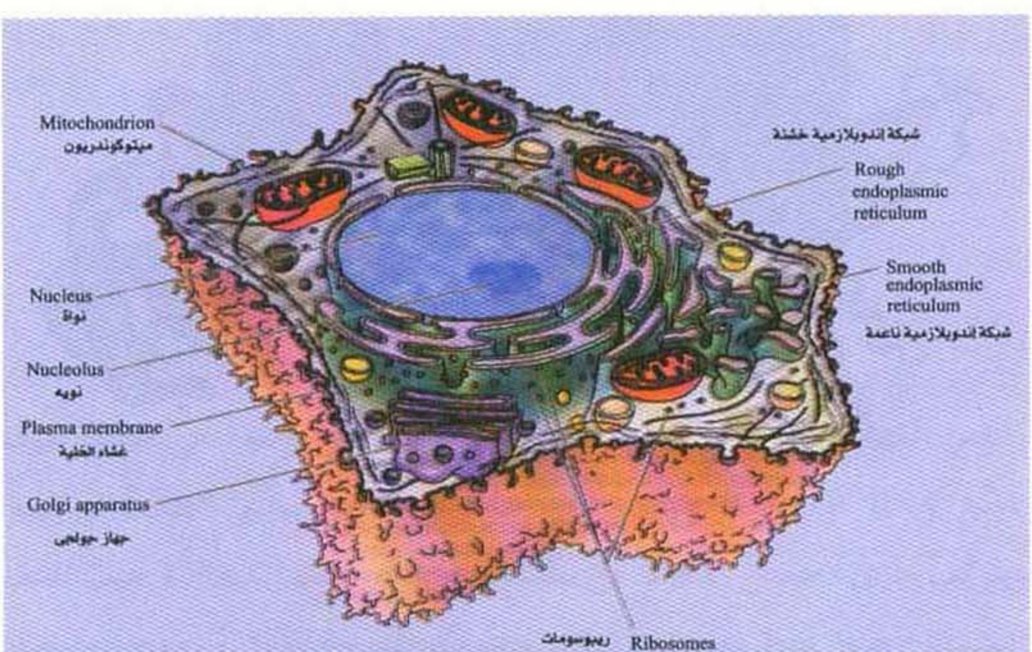
تنفيذ المتن والغلاف
بالمركز الالكترونى
دار المعارف

الناشر : دار المعارف – ١١١٩ كورنيش النيل – القاهرة – ج . م . ع
هاتف: ٥٧٧٧٠٧٧ – فاكس: ٥٧٤٤٩٩٩ E-mail: maaref@idsc.net.eg

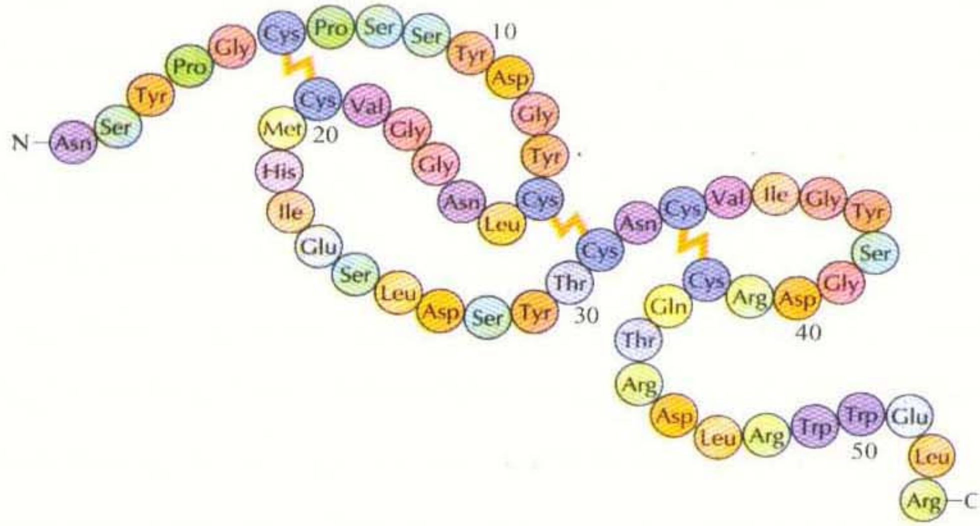
إعداد الماكيت : أمانى والى

البناءُ الخلوى:

يتكونُ جِسْمُ الكائنِ الحىِّ عادةً مِنْ عددٍ كبيرٍ مِنَ الخلايَا، وتحتوى الخليَّةُ عَلى تراكيبَ هَامَّةٍ مثل النواةِ، وكذلكَ علىَ تراكيبَ غشائيَّةٍ مثلُ الشبكَةِ الإندوبْلازميَّةِ وجهاز جُولْجى فضْلاً عَلَى حبيبَاتٍ صغيرةٍ تعرفُ باسم ريبُوسُومَات (شكل ١). ومِنَ الناحيَةِ الكيميائيَّةِ تعتبرُ الموَادُ البروتينيَّةُ مِنْ أهَمِّ مكونَاتِ الخليَّةِ، وتتحكمُ المادةُ الوراثيَّةُ فِى بنَاءِ الطرزِ المختلفَةِ من البُروتينَاتِ. وتتكوَّنُ المادةُ البروتينيَّةُ عادةً مِنْ سلاسِلَ، وتتكوَّنُ كُلُّ سِلْسلَةٍ مِنْ وَحدَاتٍ بنائيَّةٍ تعرَفُ باسْمِ الأحْمَاض الأمينيَّةِ (شكل ٢). ويعرَفُ فِى أجسَامِ الكائناتِ الحيَّةِ عشرُونَ طرازًا مِنَ الأحماضِ الأمينيَّةِ. وَتعتمِدُ خصَائصُ أىِّ مادةٍ بروتينيَّةٍ على طرزِ الأحمَاضِ الأمينيَّةِ الداخلَةِ فِى تركيبِهَا وعلى ترتيب هذِهِ الأحماضِ دَاخِل المادةِ البروتينيَّةِ، وكذلِكَ على التشْكيلِ الذِى تأخذُهُ هَذِه السلاسِلِ حيثُ إنَّهَا عادةً مَا تلتفُّ وتنْثَنِى وفقَ نظُمٍ معيَّنَةٍ (شكل ٣).



(شكل ١) : الخليةُ كما تبدُو بالمجْهرِ الإلكْترونى.



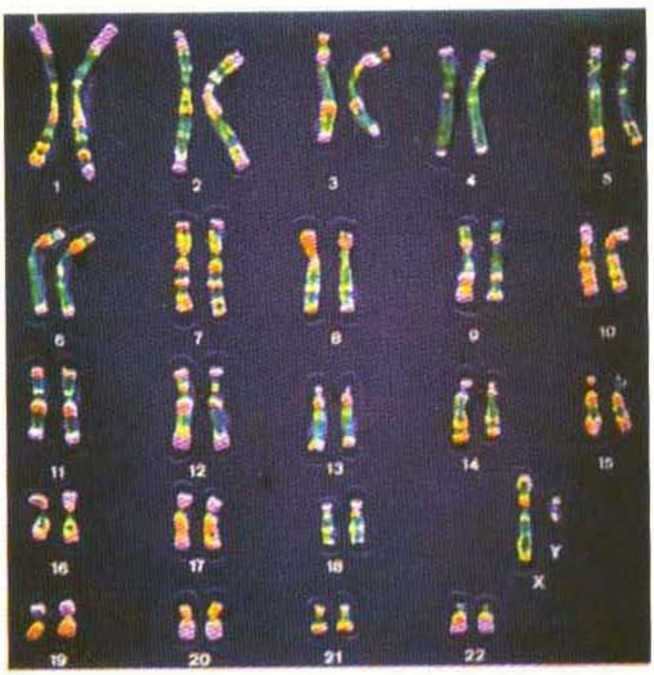
(شكل ٢) : سلسلةٌ مِن الأحماض الأمينية تكّونُ مادةً بروتينية.



(شكل ٣) : تتجسّم سلاسلُ الأحماض الأمينية فى أشكال ذاتِ أنماطٍ محددةٍ تختلفُ فى طرز البروتينات المختلفة – وتتكون المادةُ البروتينية عادةً من عددٍ من السلاسل ترتبطُ معًا.

المادةُ الوراثيَّةُ:

توجدُ المادةُ الوراثيةُ داخِل نَواةِ الخليةِ. وتورثُ المادَّةُ الوراثيّةُ منْ جيلٍ إلى جيلٍ عَنْ طريقِ الخلايَا التناسليَّةِ التى يتكوَّنُ مِنْهَا الجنين. ويلاحَظ أنهُ عندمَا تقومُ الخليةُ بعمليةِ الانقسَام تتشكَّلُ المادةُ الوراثيَّةُ بهَا عَلى هيئَةِ أجسَامٍ عَضَويَّة محددة العدَدِ والشكْل لكلِّ كائنٍ حَيٍّ، وتعرفُ هَذِه الأجسَامُ باسْمِ «كرومُوسُومات» (شكل ٤).



(شكل ٤) : صورة لكروموسومات إحدى خلايا الإنسان بعد صباغتها وترتيب صورها وفق نظام خاص. لاحظ أن الكروموسومات موجودة فى أزواج متشابهة.

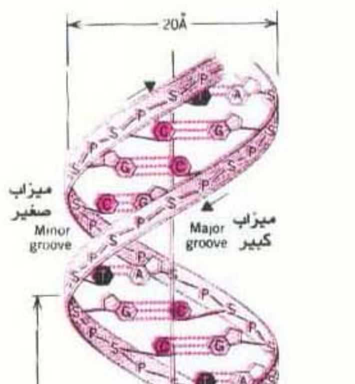
ومن المهمّ أنْ ندركَ أنَّ المادةَ الأساسيَّةَ فى بنَاءِ الكُروموسوم هِيَ حمض يعرفُ باسْمِ "DNA" أو «الدنا». وتعتبرُ جزيئَاتُ هَذَا الحمض هِيَ المادةُ الوراثيَّةُ. ويتركَّبُ جُزىء حمض "DNA" مِنْ سلسلتيْنِ من المركبَات الكيميائيَّةِ حيثُ تلتفُ السلْسلتانِ حَوْلَ بعضهمَا على شكلٍ حَلَزونيْن أى «حلزُونٍ مُزْدوَجٍ»، وترتبطُ السلسلتَانِ معًا.

ما هو تركيبُ جُزيء المادةِ الوراثية "DNA"؟

تتكونُ كلُّ سلسلةٍ من جُزيء "DNA" من جزيئاتٍ أصغرَ يطلقُ على كل منهَا اسم «دى أوكسى نيوكليوتيد». ويتميزُ تركيبُ كلُّ واحدٍ من هذِهِ الجزيئاتِ الصغيرة باحتوائِهِ على مركبٍ كيميائيٍ يطلقُ عليْه اسم «قاعدة نيتروجينية» وتوجدُ القواعدُ النيتروجينية على أربعةِ طرز هى:

ثايمين	ويرمزُ له بالحرْف	(T)
أدينين	ويرمزُ له بالحرْف	(A)
سيتوسين	ويرمزُ له بالحرْف	(C)
جوانين	ويرمزُ له بالحرْف	(G)

وتترتبُ هَذِه الجزيئَات فِى كلِّ شريطٍ وفقَ ترتيبٍ خاصٍ يميزُ هذَا الشريطَ، وَقدْ لُوحِظَ أنهُ حينمَا توجدُ على أحدِ الشريطيْنِ القاعدة (T) فإنها ترتبطُ عَلَى الشريطِ الآخر بالقاعدةِ (A)، وحينما توجدُ على أحدِ الشريطيْنِ القاعدة (C)، فإنها ترتبطُ عَلَى الشريطِ الآخرِ بالقاعدة (G). وسَنَرى بَعْدَ قليل أنَّ ترتيبَ هَذِه القواعدِ النيتروجينيةِ على شريطىْ جزىء "DNA" لَهُ درجةٌ كبيرةٌ مِنَ الأهميَّةِ. ومن الواضِح أنَّ شريطى جزىء "DNA" يرتبطانِ معًا عَنْ طَريقِ هَذِه القواعدِ النيتروجينيةِ. (شكل ٥).



(شكل ٥) : جزىء حمض "DNA" هو المكون الرئيسى لمادة الكروموسوم. يتكونُ الجزىء من شريطيْن يلتفان حول بعضهما. لاحظ أن القواعد النيتروجينية الواقعة على شريط ترتبط بالقواعد على الشريط المقابل، وأنَّ جانبى الجزىء يتكونان من جزيئات السكر (S) والفوسفات (P).

كيفَ يتحكمُ حمضُ "DNA" فى تخليقِ البروتيناتِ ؟

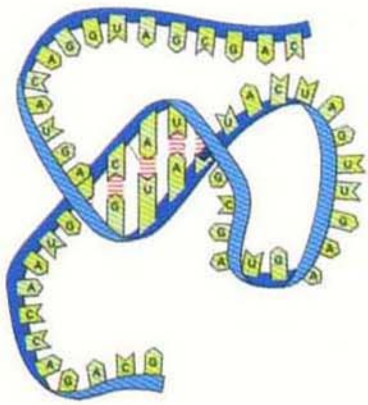
لا يقومُ حمضُ "DNA" بهذِه الوظيفَةِ بصورةٍ مباشرةٍ، ولكنهُ يقومُ بتخليقِ حمضٍ آخرَ يعرفُ باسْمِ «حمض ريبونيوكليك» أو اختصارًا «ر ن أ» أو «رنا» وبالإنجليزيةِ "RNA". ووفقًا لبنَاءِ حمضِ "RNA" يتمُّ تخليق البروتيناتِ اللازمةِ لكلٍّ مِنَ البناءِ الخلوِىِّ والنشاطِ الخلوِىِّ.

تركيبُ حمض "RNA":

يتكونُ حمضُ "RNA" من سلسلَةٍ واحدةٍ مِنْ وحداتٍ بِنائيةٍ تعرفُ باسم «ريبونيوكليوتيدات». ويتميزُ تركيبُ كل واحدٍ مِن هَذِه الريبونيوكليوتيدات باحتوائِه على قاعدةٍ نيتروجينية. وتوجَدُ القواعدُ النيتروجينية فى شريطِ حمضِ "RNA" على أربعةِ طرز هى :-

يوراسيل	ويرمزُ له بالحرف	(U)
أدينين	ويرمزُ له بالحرف	(A)
سيتوسين	ويرمزُ له بالحرف	(C)
جوانين	ويرمزُ له بالحرف	(G)

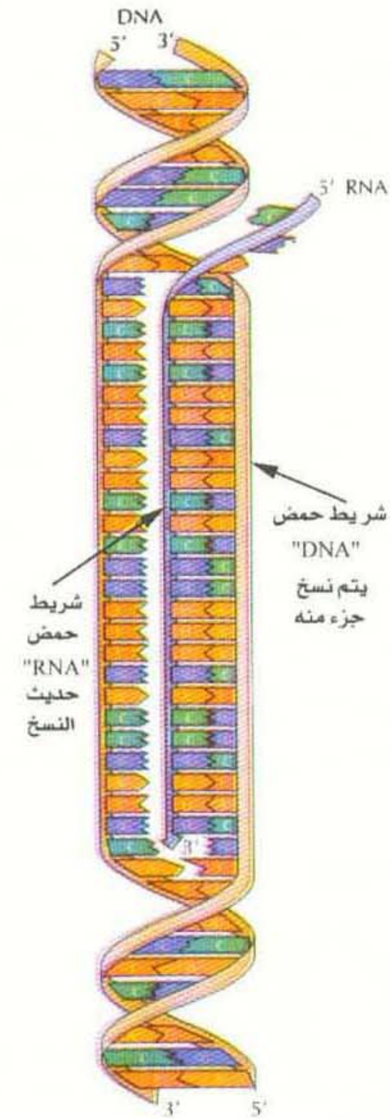
ونلاحظُ هنَا أنَّ القواعدَ النيتروجينيةِ فى جُزىء "DNA" هى نفسها القواعِد النيتروجينية فى جزىء "RNA" فيما عدَا أنَّ الثايمين لا يوجدُ فى حمض "RNA"، كما أنَّ اليوراسيل لا يوجدُ فى حمضِ "DNA". وقد ترتبطُ ريبونيوكليوتيدات الشريط الواحد من حمض "RNA" معًا إذا ما التفَّ الشريطُ حولَ نفسِهِ (شكل ٦).



(شكل ٦) : جزىء "RNA" يتكونُ من شريطٍ واحدٍ قد يلتف حول نفسه فى بعض مواقعه. لاحظ وجودَ القاعدة النيتروجينية (U) وعدم وجودِ القاعدة النيتروجينية (T).

كيفَ يقومُ حمضُ "DNA" بتخليقِ حمضِ "RNA" ؟

يتخلقُ شريطُ حمض "RNA" أمام أحدِ شريطيْ «حمض "DNA". وبمعنىَ آخرَ فإنَّ ترتيبَ الريبونيوكليوتيدات فى شريطِ حمضِ "RNA" يتحكمُ فيه ترتيبُ الدى أوكسى نيوكليوتيدات فى شريطِ حمضِ "DNA" الذى يتمُّ أمامَه تخليقِ حمْضِ "RNA" (شكل ٧).



(شكل ٧) : رسم يوضحُ نسخ جزءٍ من أحد شريطى حمض "DNA" إلى شريط حمض "RNA".

ويلاحظُ أنهُ عندمَا توجدُ القاعدةُ النيتروجينيةُ (T) فى شريط "DNA" توضعُ القاعدةُ (A) فى شريطِ "RNA" أمامهَا، ولكنْ عندمَا توجدُ القاعدةُ النيتروجينيةُ (A) فى شريط "DNA" توضع القاعدةُ النيتروجينيةُ (U) فى شريطِ حمض "RNA".

فى أىِّ أجزاءِ الخليةِ يتمُّ تخليق حمضِ "RNA" ؟

يتم تخليق حمضِ "RNA" فى نواةِ الخليَّةِ، وتسمى هذِه العملية «نسخ». ثم يخرجُ حمضُ "RNA" المخلَّق من النواةِ إلى السيتوبلازم ليقومَ بوظيفتِه.

وَمَا هِيَ وظِيفةُ حمضِ "RNA" التى يؤديهَا وهُوَ فى السيتوبلازم ؟

إنَّ حمضَ "RNA" هُوَ الذِى يحددُ تسلسلَ الأحماضِ الأمينيةِ فِى البرُوتينِ المراد تخليقِهِ، ويتمُّ ذلكَ فى «السيتوبلازم»، وتسمى هذه العمليةُ «ترجمة» لأن بها يتمُّ الحصول على تسلسُلٍ من الأحماضِ الأمينيةِ وفقَ تسلسُلٍ من طرازٍ آخرَ هو تسلسلِ القواعدِ النيتروجينيةِ فى حمضِ "RNA".

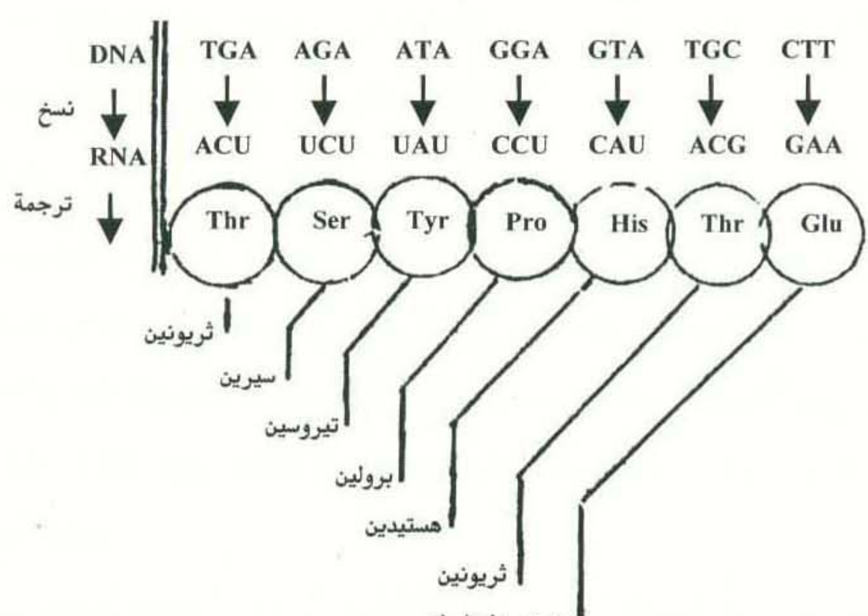
وما هى أهمية البروتينات؟

للبروتيناتِ أهمية «عظيمَة» فى الخلية حيث إن بعضَها قدْ يكونُ بروتيناتٍ تركيبية يعتمدُ عليهَا بناءُ جِسم الكائِن الحىِّ، وقدْ يكونَ بعضُها إنزيماتٍ تتحكمُ فى تفاعلات بناءِ البروتيناتِ والدهون والكربوهيدراتِ فى الخليَّةِ. ومِنْ هنَا فإنَّ لجزىء "RNA" دورًا عظيمًا فى تحديدِ البناءِ الخلوىِّ وكذَا فِى أنشطةِ ووظائفِ هَذِه الخلايَا.

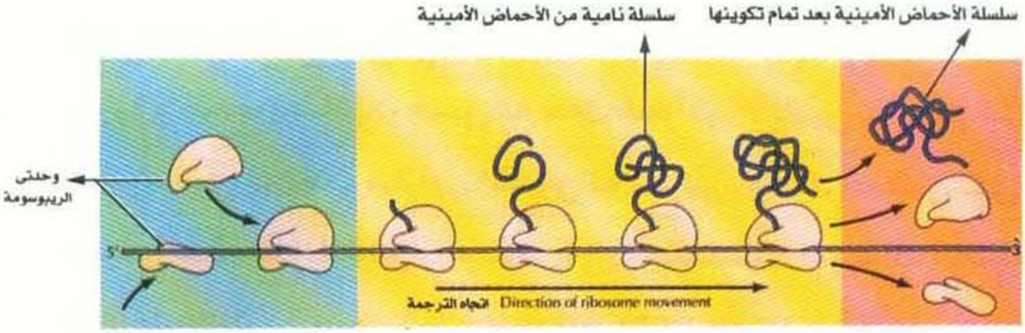
كيف يحددُ حمضُ "RNA" تسلْسُلَ الأحماضِ الأمينيةِ فى البروتينِ ؟

إنَّ تسلسلَ القواعدِ النيتروجينيةِ فى حمضِ "RNA" هُوَ الذِى يحددُ تسلسُلَ الأحماضِ الأمينيةِ. وفى وَاقعِ الأمرِ فإنَّ كلَّ ثلاث قواعدٍ نيتروجينيةٍ متجاورةٍ فى

شريط حمض "RNA" تكونُ ما يسمىً شفرة وراثيـة، وهَـذِه الشـفرةُ تـدلُّ علـى «حمْضٍ أمينى» معينٍ. وبمعنى آخرَ فإنَّ ترتيبَ ثلاثياتِ القواعـدِ النيتروجينيـةِ على شريطِ حمضِ "RNA" هو الذى يحددُ ترتيبَ الأحماضِ الأمينيةِ المـرادُ ربطـهَا مَعًا فـى سلسِلَة، فمثلا الثلاَثيـة "ACU" فـى حمـضِ "RNA" تعنـى انضمـام الحمـضِ الأمينى «ثريونين» إلى السلسلةِ المرادُ تخليقهَا فى نفسِ موقعِ ترتيب هَذِه الثلاثيةِ فى حمضِ "RNA". كذلك فإنَّ الثلاثية "UCU" فى حمضِ "RNA" تعنـى انضمام الحمـضِ الأمينـى «سيرين» إلى السِّلْسلَةِ أمام هذه الثلاثية ، كذلـك فـإنَّ ثلاثيـة القواعدِ النيتروجينيةِ "UAU" فى حمْـضِ "RNA" تعنى انضمام الحمضِ الأمينى «تيروسين» إلى سلسلةِ الأحماضِ الأمينيةِ.. وَهكَذا (شكلى ٨، ٩). وعلىَ هَذَا يمكنُ القولُ بأنَّ الشفراتِ الوراثيةِ (الثلاثيات) الواقعةِ على جُزىء حمض "RNA" هـى التى تتحكمُ فى خصائِص البروتين.



(شكل ٨) : الصف العلوى يوضح تتابع الدى أوكسى نيوكليوتيدات فى جزىء «DNA».
الصف الأوسط يوضحُ نسخ شريط «DNA» إلى شريط «RNA» يحمل الشفراتِ الوراثيةِ.
الصف السفلى يوضح ترجمة كل شفرة إلى حمض أمينى.



(شكل ٩) : إحدى الريبوسومات تقوم بترجمة حمض "RNA" إلى سلسلة من الأحماض الأمينية. لاحظ أن وحدتى الريبوسومة يرتبطان معا عند يسار الرسم للقيام بعملية الترجمة ثم ينفصلان عن بعضهما عند يمين الرسم بعد انتهاءِ عمليةِ الترجمة. لاحظ استطالةَ سلسلةِ الأحماضِ الأمينية مع اتجاه السهم.

كم شَفْرةً يمكنُ أنْ تكونَها القواعدُ النيتروجينيةُ الأربعُ ؟

إنَّ القواعدَ النيتروجينيةَ الأربعَ يمكنُهَا أنْ تترتبَ فى مجموعاتٍ ثلاثية يتكونُ كلٌّ منهَا مِنْ ثلاثِ قواعدَ تترتبُ فى تنوعاتٍ مختلفَةٍ، مثالُ ذلك الحرُوف ح ع ل ب : إذَا أخذنَا منهَا الثلاثةَ حروفٍ ع ل ب مثلا فإنه يمكنُ ترتيبهَا على عدةِ صور هى :

علب - بلع - لعب - بعل - عبل - لبع

وإذا أخذْنَا من هذه الحروفِ الأربعةِ الحروفَ الثلاثةَ ح ل ب فإنه يمكنُ الحصول على توليفاتٍ ثلاثية أخرى مثل:

حلب - بلح - حبل.. وغير ذلك.

وعلى هذا النمط فإن الأربعَ قواعد "UACG" التى تدخلُ فى جُزىء "RNA" يمكنُها أن تكونَ ٦٤ توليفةً مختلفةً من الثلاثيات، وتسمى كل ثلاثيةٍ هنَا باسم شفرةٍ وراثيةٍ - كما سبق القولُ - لأنها تدلُّ على أحَدِ الأحماضِ الأمينيةِ. وطريقةُ حسابِ عددِ التوليفَاتِ هى أن نكتبَ الرقمَ الدالَّ على عددِ القواعدِ النيتروجينيةِ (وهو هُنَا ٤) ونرفعُه إلى القوةِ «ألأس» الدال على العددِ الثابتِ

للحروفِ المسْتخدمَةِ فى كل توليفة من هذه التوليفَاتِ (وهو هنا ٣) أى $(٤)^{٣}$ = ٤ × ٤ × ٤ = ٦٤. وقد وجدَ العلماءُ أنَّ الكثيرَ من الأحماضِ الأمينيةِ لهَا أكثرُ من شفرةٍ واحدةٍ، فمثلاً الأرجنين له ستُّ شفراتٍ، الألانين له أربعُ شفراتٍ، الأيزوليوسين له ثلاثُ شفراتٍ، الليسين له شفرتيْنِ. وهنَاكَ حمضيْنِ لكل منهمَا شَفْرةٌ واحدةٌ همَا المثيونين، التربتوفان. وإذا جمعْنَا عددَ التوليفات الثلاثيةِ التى تدلُّ على العشرينَ حمض أمينى لوجدنَاهَا ٦١ توليفةً. ومعنى ذلك أنَّ هناكَ ثلاَث توليفاتٍ لا يدلُّ أىٌّ منها على أىٍّ من الأحماض الأمينيةِ، وهذه التوليفات (غيرُ الدالةِ) هى: UAA - UAG - UGA (أنظر جدول الشفرات الوراثية). ويرجعُ الفضلُ فى إيجادِ طريقةٍ للكشفِ عن الشفراتِ الوراثيةِ إلى العلماء «مارشال نيرنبرج»، و«كورانا» و «هولى». وقد حصَل الثلاثةُ معًا على جائزةِ نُوبل فى عام ١٩٦٨ تقديرًا لذلك.

كيف يتمُّ تخليق البروتيناتِ ؟

يتمُّ ذلكَ بأنْ تترتبَ سلسلة من الأحماضِ الأمينيةِ وفقَ ترتيب الشفراتِ الثلاثيةِ فى حمضِ "RNA". وترتبطُ الأحماضُ الأمينية مع بعضها البعض وفقًا لهذَا الترتيب، ويتحكَّمُ طولُ جُزىء حمْض "RNA" المرادُ ترجَمته فى طُولِ سِلْسلَةِ الأحْماضِ الأمينية الناتجة. ويعتقِدُ العُلماءُ أنَّ تسلْسُلَ الأحْماضِ الأمينية، يتحكمُ بدَوْره فى الشَّكْلِ ثُلاثى الأبعَادِ الذى ستأخُذُه هَذِه السلْسلة، وكذلكَ فى نمطِ ارتباطِهَا مع السَّلاسلِ الأُخْرى لتشْكيلِ المادَّةِ البُروتينية (شكلى ٢ ، ٣)، ومنْ هُنَا تتضحُ أهميةُ طرز الشفراتِ الوراثيةِ ونمطِ ترتيبهَا فِى جُزىء "RNA"، حيثُ إنَّ ذلِكَ يحدِّدُ خصَائصَ البُروتينِ النَّاتج.

جدول الشفراتِ الوراثيةِ

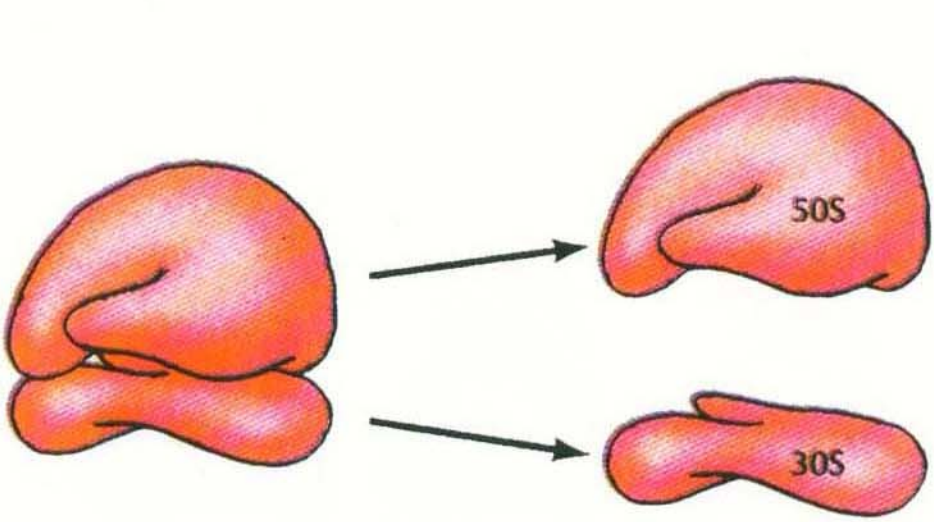
الحمض الأمينى	رمز الحمض	الشفرات الوراثية لكل حمض أمينى						
آلانين	Ala	GCA	GCU	GCC	GCG			
أرجنين	Arg	CGA	CGG	AGA	AGG	CGC	CGU	
أسبرجين	Asn	AAU	AAC					
حمض أسبرتيك	Asp	GAU	GAC					
سستئين	Cys	UGU	UGC					
حمض جلوتاميك	Glu	GAA	GAG					
جلوتامين	Gln	CAA	CAG					
جليسين	Gly	GGU	GGC	GGA	GGG			
هستيدين	His	CAU	CAC					
أيزوليوسين	Ile	AUU	AUC	AUA				
ليوسين	Leu	UAA	UUG	CUU	CUC	CUA	CUG	
ليسين	Lys	AAA	AAG					
مثيونين	Met	AUG						
فنيل آلانين	Phe	UUU	UUC					
برولين	Pro	CCU	CCC	CCA	CCG			
سيرين	Ser	UCU	UCC	UCA	UCG	AGU	AGC	
ثريونين	Thr	ACU	ACC	ACA	ACG			
تربتوفان	Trp	UGG						
تيروسين	Tyr	UAU	UAC					
فالين	Val	GUU	GUC	GUA	GUG			
تتابعات الإيقاف (غير داله)		UAA	UAG	UGA				

ومنَ المهمِّ أنْ نـدركَ أنَّ هـذا التسلسلَ يختلفُ فى البروتيناتِ المتنوعةِ التى تخلقـهَا خلايَـا الجسـمِ مثـل بروتينـات بلازمـا وهيموجلوبـين الـدم، وبروتينـات العضـلات، وبروتينـات الإنزيمـات والبروتينـات الداخلـة فـى تركيـب معظم الهرمونات، فلكلٍ مِنْ هَذِه البروتيناتِ تسلسلٌ معينٌ من الأحماضِ الأمينيةِ يميزُه.

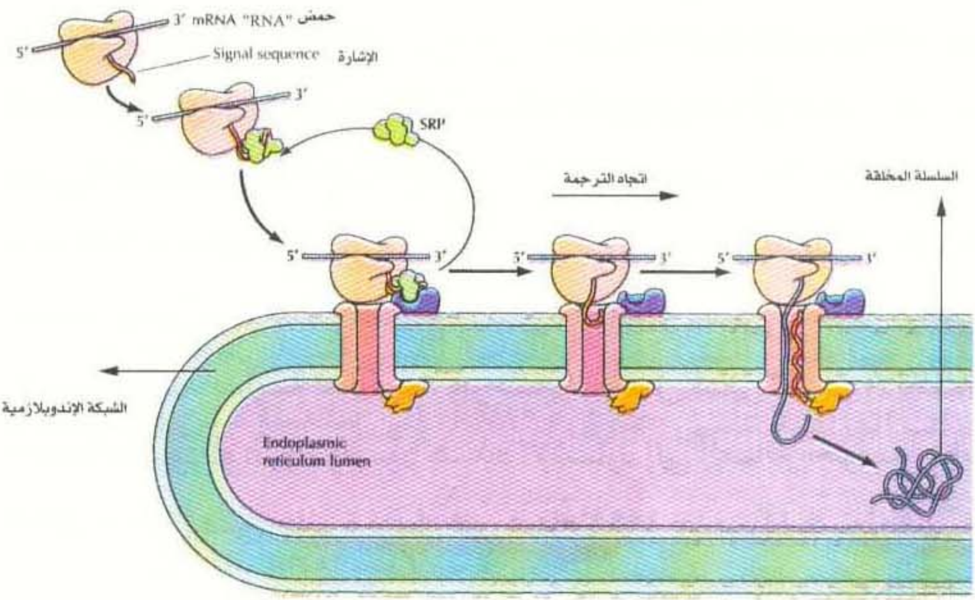
ولكـنْ مـا هـى التراكيب الخلوية التى تتولىَّ عمليـةَ ترجمـةِ الشفراتِ الوراثيـةِ علـى جُـزىء "RNA" إلى سلسـلَةٍ مـن الأحمـاضِ الأمينيةِ ؟

تقـومُ الريبوسـومات بعمليـة ترجمـةِ حمـضِ "RNA" إلى سلسـلةٍ مـن الأحمـاضِ الأمينيَّـةِ. والريبُوسـوماتُ عبـارةٌ عـن حبيبـاتٍ صغـيرةٍ توجـدُ بـأعدادٍ كبـيرةٍ فـى أرضيـةِ السـيتوبلازم، وكذلـكَ أحيانًـا علـى السـطح الخـارجى لأغشـيةِ الشـبكةِ الإندوبلازميـة (شـكل ١). وتتكـون الريبوسـومةُ مِـنْ حبيبتيْـن، إحداهُمَـا أكـبرُ مـنَ الأخْـرَى (شـكلى ٩ ، ١٠). وعنـدَ بدايـةِ الترجمـةِ ترتبـطُ الريبوسـومةُ بطـرفِ جُـزىء حمـضِ "RNA". ويلاحـظُ أنّـه إذا ظـهرَ تتـابعٌ معـينٌ مِـنَ الأحمـاضِ الأمينيـةِ عنـد بدايـةِ الترجمـةِ فـإنَّ هـذَا التتـابعَ يعتـبرُ إشـارة تعنـى أنَّ الـبروتينَ المـراد تخليقـهُ يحتـاجُ إلى معاملاتٍ خاصَّةٍ إضافيةٍ فى الشبكة الإندوبلازمية ثم فى جهاز «جولجى». أما إذا لم تظـهرْ هَـذِه الإشـارةُ فـإنَّ ذلِـكَ يعنـى أنَّ الـبروتينَ الـذى سـيُخلقُ لـنْ يمـرَّ خـلالَ هـذِه المعـاملاتِ. وفـى الحالـةِ الأولى فـإنَّ الريبوسـومةَ تتجـهُ إلى سـطح الشـبكةِ الإندوبلازميـة لتقـوم بتوجيـهِ سلسـلةِ الأحمـاضِ الأمينيـةِ - التـى تقـوم بتخليقـها - إلى داخـل تجويـفِ الشـبكةِ الإندوبلازميـة (شـكل ١١) لضمـانِ تحقيـقِ هـذه المعـاملاتِ الإضافيـةِ، وفـى مرحلـة تاليـة تتجـهُ هـذِه الإفـرازات الأوليـةُ إلى جـهَاز «جولجـى» الـذِى يضيـفُ

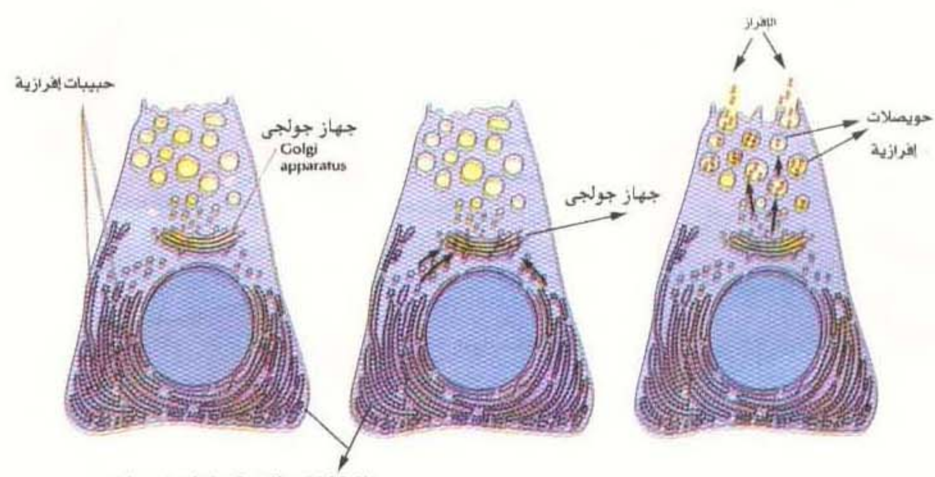
إليهَا بعض المكوناتِ الكيميائيـةِ الأخـرى (شـكل ١٢). أمَّـا إذا لمْ توجَـدْ هَـذِه الإشارةُ على سلسلةِ الأحماضِ الأمينية عندَ بدايةِ تخليقهَا فإنَّ الترجمةَ تتمُّ فى أرضيَّـةِ السـيتوبلازمَ دونَ تدخـلِ الشـبكةِ الإندوبلازميـة أو جـهاز «جولجـى». ومِـنَ الجديـرِ بـالذكرِ أنَّ البروتينـاتِ المخلقـةِ فـى الحالـةِ الأولى يكـونُ لَـهَا أدوارٌ وظيفيـةٌ غـيرُ تلـكَ التـى للبروتينـاتِ المخلقـةِ بالطريقـةِ الثانيـةِ. ومِـنْ هنَـا تبـدو أهميـةُ الإشـارةِ الواقعـةِ علـى سلسـلةِ الأحمـاضِ الأمينيـةِ عنْـدَ بدايـةِ تخليقـها. ويرجـعُ الفضـلُ فـى لفـتِ الأنظـارِ إلى أهميـةِ وجُـودِ أو عـدمِ وجُـودِ هَـذِه الإشـارة إلى العـالمِ «جونـتر بلوبـل» الـذى حصـلَ على جائزةِ نوبـل فى عـام ١٩٩٩ تقديـرًا لبحـوثِه فـى هَـذَا الصَّدَد.



(شكل ١٠) : رسم يوضح أن الريبوسومة فى أقصى اليسار تتكونُ من جزأين.



(شكل ١١): فى أقصى الركن الأيسر العلوى تقوم ريبوسومة بترجمة **"RNA"** ، وتظهر إشارة عند بداية الترجمةِ تدلل على وجوب إطلاق سلسلةِ الأحماض الأمينية المزمع تخليقها إلى داخل الشبكةِ الإندوبلازمية كما يظهرُ فى أقصى يمين الرسم.



(شكل ١٢): مراحل قيام الخلية بالإفراز. فى أقصى اليسار يظهر الإفراز على هيئة حبيبات عند الشبكة الإندوبلازمية.
فى الرسم الأوسط يظهر الإفراز فى جهاز «جولجى».
فى الرسم الأيمن الحويصلاتِ الإفرازيةِ تُلقى بالإفراز إلى خارج الخلية.

ومِنَ الجديرِ بالذكرِ أنَّ قطرَ الريبوسومه يبلغ من ١٨ - ٢٢ نانومتر (النانومتر وحدة أطوال تبلغ واحد على ألف مليون من المتر).

على أيِّ أساس يعتمدُ تنوعُ البروتيناتِ التى تخلقها الخلايَا المختلفَةُ ؟

يحتوى حمضُ "DNA" فى نواةِ الخليةِ الجسديةِ الواحدة فى الإنسَانِ على أكثرَ مِنْ ٣ بليونٍ من أزواجِ القواعِدِ النيتروجينية. ومن المهمِّ جدا أن ندركَ أنه حسبَ احتياجاتِ الخليةِ وطبيعةِ وظائِفِهَا يتمُّ (نسخ) الجزءِ المطلوب فقط من حمض "DNA" إلى حمضِ "RNA" ليحمل الشفراتِ ذاتِ العلاقةِ بالمركبِ المطلوبِ تخليقِهِ - حيثُ إنَّ "RNA" الناتجَ ستتمُّ (ترجمته) إلى سلسلَةِ «الأحماضِ الأمينيةِ» التى تكون «البروتينَ». وعادةً تتعطلُ بعض أجزاءِ المادةِ الوراثيةِ "DNA" فى طراز معين من الخلايَا لأنها لا تمثلُ نشاطًا تقومُ بهِ هَذِه الخليَّةُ، بينَمَا تكونُ بعضُ هَذِه الأجزاء ضروريةً فى طراز آخرَ مِنَ الخلايَا فيتمُّ نسخهَا ثم ترجمتهَا. وهَذَا يفسرُ لنَا حقيقةَ أنَّ خلايَا المعدةَ مثلا تكونُ إنزيم الببسين، بينمَا خلايَا معيَّنة فى البنكرياس تكونُ هرمونَ الإنسولين، بينما الخلايَا الكأسيةَ فى الأمعَاءِ تفرزُ المخاطَ.

وما فائدة التوليفاتِ الثلاثِ التى لا تدلُّ على أىٍّ مِنَ الأحماض الأمينيةِ ؟

إذَا وصلَتْ عمليةُ ترجمةِ شريطِ "RNA" إلى أىٍّ مِنْ هَذِه التوليفاتِ الثلاثِ فهذا يعنى توقُّف الترجَمة عند الشفرةِ السابقةِ لهذِه التَوليفةِ التى لا دلالةَ لهَا. أىْ أنَّ الترجمةَ تتمُّ لشفرةٍ تلوَ شفرةٍ تلو شفرة حتى نصلَ إلى إحدَى التوليفَاتِ غيرِ الدَّالةِ، فيصبحُ هَذَا إيذانًا بأنَّ سلسلَةَ الأحماضِ الأمينيةِ المطلوبةِ قدْ تمَّ الحصولُ عليهَا، تمامًا كما تسيرُ سيارةُ الركَّابِ من محطَّة إلى محطَّةٍ ثُمَّ تقفُ عِنْدَ محطَّةِ النهايَة.

وما هُوَ الجينُ ؟

الجينُ هوَ جزءٌ مِنْ جُزيء "DNA" الذى تحمل تتابعاتِ القواعدِ النيتروجينية فيه معلومةٌ كاملةٌ، حيثُ يتمُّ نسخ هذَا الجزءَ إلى جُزىء حمضِ "RNA" تتمُّ ترْجَمته إلى سلسلةٍ معيَّنَةٍ من الأحماضِ الأمينية تعمل كبروتين محدد الوظيفة. وهكذا ندرك أنه فى كل خلية نجد جيناتٍ تعملُ وأخْرَى لا تعملُ وذلِكَ على حَسَبِ طبيعةِ كل خليَّةٍ. ويعتقِدُ العلماءُ أنَّ عددَ الجيناتِ فى الإنسَانِ يبلغُ حَوَالىِ ٣٨ ألْفَ جِينٍ.

هَلْ تتمُّ عمليةُ بنَاءِ حمْضِ "DNA" أثناءَ مضاعفتِهِ بصورةٍ سَليمةٍ دَائِمًا ؟

يتمُّ معظمُ عملية بناءِ "DNA" بصورةٍ سويَّةٍ، ولكن للأسفِ قد يحدثُ تغيرٌ فى أحَدِ القواعدِ النيتروجينيةِ المكونةِ لجُزىء "DNA" أو تغيرٌ فى جُزْءٍ مِنْ هذا الجزىء، وبالتالى فإنَّ هذا الجزءَ الذى أصابهُ العطبُ مِنْ جزىء "DNA" سَينسخُ عنْهُ "RNA" غير سَليمٍ، بمعنى أنَّهُ سيحْتوى على شفراتٍ تختلفُ عن الشفراتِ الأصليةِ، وسيترتبُ عَلَى ذلِكَ أنَّ عمليةَ ترجمةِ شريطِ "RNA" سينتجُ عنها مركبٌ مخالفٌ للبروتينِ المطلوبِ، ممَّا يتسبَّبُ فى ظهور حالةٍ مرضيَّةٍ.

وَهكَذَا ترتبطُ الشفرات الوراثية أشدَّ الارتباطِ بكَثيرٍ منَ أمُور الصحةِ والمرضِ فى أجسامِنَا وأجسَامِ نسلِنَا مِنْ بعدِنَا.

وكيفَ حصل العلماءُ على كلِّ هَذِه المعلوماتِ ؟

لقد تم لهم الحصولُ على كلِّ هذِه المعلوماتِ عنْ طريقِ المعاملِ المزوّدَةِ بالأجهزةِ والأدواتِ الحديثةِ. كما أنَّ هؤلاءِ العلماء قد أُحسِن إعدادُهُم العلْمى مما مكَنّهُم مِنَ التوصُّلِ إلى هَذِه الاكتشافَاتِ.

المراجع

1 = Alberts, B. *et al* (1994) : Molecular Biology of the Cell

New York & London – Garland Publishing, Inc.

2 = Cooper, G. M. (1997) : The Cell

Washington, D. C. – ASM Press - Massachusetts - Sinauer Associates, Inc.

3 = Darnell, J. *et al* (1990) : Molecular Cell Biology

New York

W. H. Freeman and Company

4 = DeBusk, A. Gib (1968) : Molecular Genetics

New York, London

The Macmillan Company

5 = Karp, G. (1996) : Cell and Molecular Biology

New York – John Wiley & Sons

6 = Sheeler, P. and Bianchi, D. E. (1983) : Cell Biology

New York

John Wiley & Sons

رقم الإيداع	٢٠٠٥/٨٤٤٩
الترقيم الدولى	ISBN 977-02-6802-X

٧/٢٠٠٥/١٧

طبع بمطابع دار المعارف (ج . م . ع .)

ماذا تعلم عن..

صدر منها :

دار المعارف
٢٣٢٥٢٩/٠١